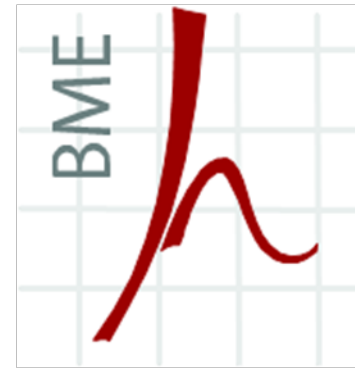




IPv6

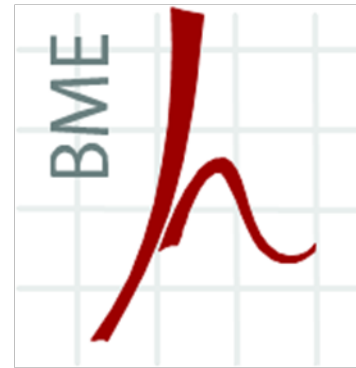
A következő generációs Internet Protocol

Dr. Simon Vilmos
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
svilmos@hit.bme.hu

2014.Április 3.

- Motivációk – az IPv4 hibái
- Címzés
- IPv6-fejléc
- Migráció és együttélés
- IPv6 biztonság



Motivációk

Az IPv4 hibái

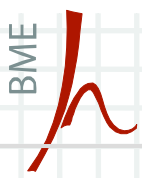
2014. Április 3.

Motiváció – problémák az IPv4-gyel

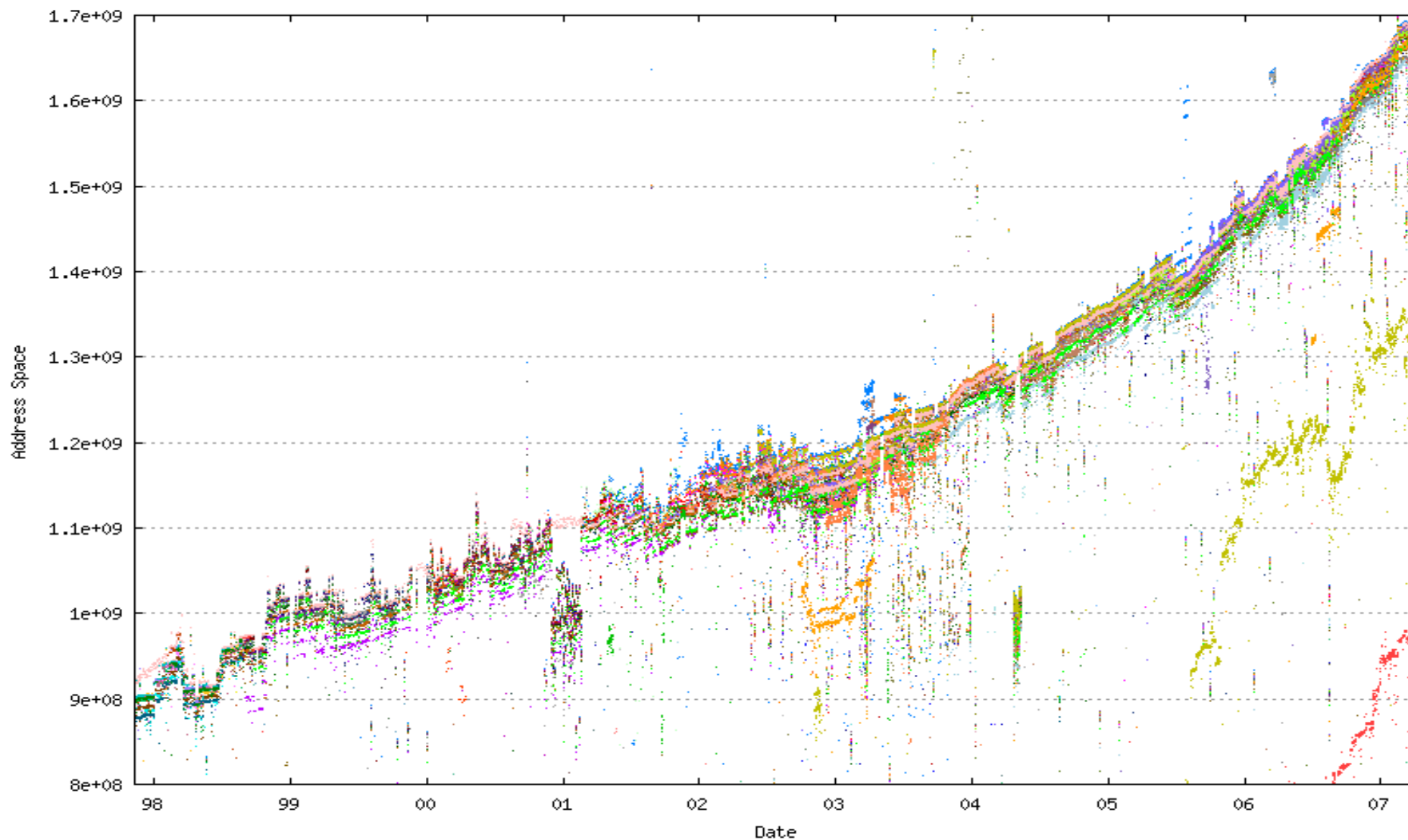
- 32 bites címtartomány kimerülése
- Erőforrás-igényes
 - Sok felesleges mező a fejlécben
 - Tördelés a köztes csomópontokban
- Nem biztonságos
 - Nem támogatja a hitelesítést és a titkosítást
- Mobilitás támogatás csak külön protokollal

Címtartomány kimerülés okai

- Egyre nagyobb az Internet elterjedtsége
 - Fejlődő népes országok (Kína, India, Afrika)
- Egyre több eszköz
 - Mobiltelefonok: 4G-ben már IPv6!
 - Szenzorok (intelligens otthon, biometrikus ~)
 - TV-készülékek, hűtők, mosógépek, ...
- Pazarló címfelhasználás
- Always-on elterjedése
 - dial-up helyett
- Virtualizáció



Kiosztott címtartományok tere



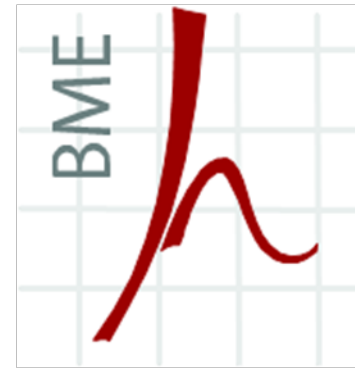
Híres ember híres kijelentése

„32 bits should be enough address space for Internet”

- Vint Cerf, 1977 (Honorary Chairman of IPv6 Forum 2000)

Hol tartunk most? Mennyi IP-cím szabad?

- Már a 80-as végétől felmerült a címkimerítés lehetősége
- Történelmi pillanat: 2011. februárjában osztotta ki a IANA az utolsó 5 blokkot az 5 RIR-nek
 - egyenként 16 millió címmel
- 2011 áprilisára az ázsiai-csendes-óceáni RIR kimerítette ezt a cím blokkját!
- 2001-ben 2007-re a címtartomány kimerülését jósolták
- Miért nem következett be?
 - NAT (Network Address Translation)
 - Privát IP-címtartományok
 - CIDR
 - VLSM
 - Címek újraosztása
 - RIR-ek, ISP-k IP-címgazdálkodása
 - Virtuális hosting
 - Név, IP illetve port alapú



IPv6 címzés

Hatalmas címtartomány újdonságokkal

2014.Április 3.

Milyen hosszú az ideális cím?

- 64 bites
 - Sokkal tovább elég, mint a 32 bites
 - Nem túl nagy növekedés az IP fejlécben
- Változó méretű 160 bitig
 - Kezdetben lehet 64 bites is, majd szükség esetén lehet növelni
- Megállapodás: 128 bites legyen!
 - Kompromisszum
 - 340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456
 $\approx 3,4 \cdot 10^{38}$ cím kezelésére
 - Minden lakosra 2^{95} cím

- 128 bit
- 8x4 hexadecimális számként ábrázolják
 - FEDC:BA94:7654:3210:FEDC:BA98:7654:3210
- A vezető nullák elhagyhatók
 - FEDC:0094:0004:0000:000C:BA98:7654:3210
 - FEDC:94:4:0:C:BA98:7654:3210
- A 16 bites nullákat tartalmazó részek kihagyhatóak, ha egymás után vannak (maximum egy ilyen blokk hagyható ki):
 - FEDC:0000:0000:0000:000C:BA98:0000:3210
 - FEDC::C:BA98:0:3210
 - Pl. localhost: (0:0:0:0:0:0:0:1) helyett ::1

- Egyes IPv6-os címek IPv4-ből származnak. Ekkor megengedett:
 - 0:0:0:0:0:0:A00:1
 - ::10.0.0.1
- Hálózati címek (prefixek) jelölése
 - FEDB:ABCD:ABCD::/48
 - FEDB:ABCD:AB00::/40
- Hivatkozásként
 - [http://\[FEDC::C:BA98:0000:3210\]/index.html](http://[FEDC::C:BA98:0000:3210]/index.html)
 - RFC 2732

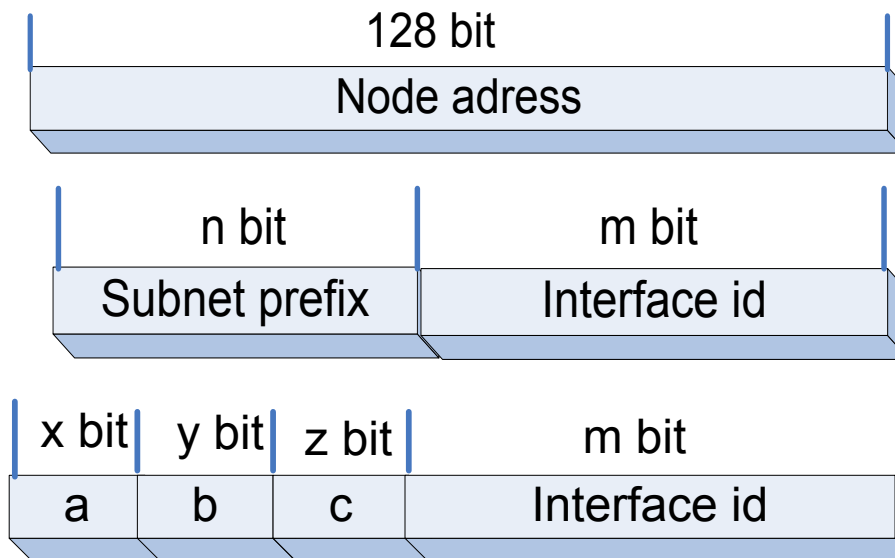
Cím prefixek

0000 0000	Reserved
0000 0001	Unassigned
0000 001	Reserved for NSAP (non-IP addresses used by ISO)
0000 010	Reserved for IPX (non-IP addresses used by IPX)
0000 011	Unassigned
0000 1	Unassigned
0001	Unassigned
001	Unicast Address Space
010	Unassigned
011	Unassigned
100	Unassigned
101	Unassigned
110	Unassigned
1110	Unassigned
1111 0	Unassigned
1111 10	Unassigned
1111 110	Unassigned
1111 1110 0	Unassigned
1111 1110 10	Link Local Use addresses
1111 1110 11	Site Local Use addresses
1111 1111	Multicast addresses

- Unicast
 - Az IPv4-hez hasonlóan
 - Egyedi cím: pontosan egy csomóponthoz tartozik
 - Minden IPv6 csomópontnak legalább egy ilyen címe van
- Multicast
 - Csoportot azonosít
 - Minden csoporton belüli csomópont megkapja az erre a címre küldött adatot
 - Broadcast helyett is ezt használjuk
- Anycast
 - Csoportot azonosít
 - Biztosított, hogy a csoport egy csomópontja megkapja az erre a címre küldött üzenetet
 - pl. a küldőhöz legközelebbi

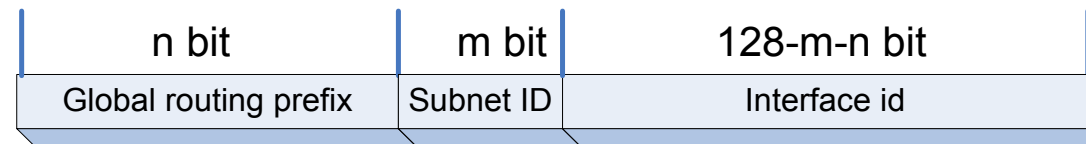
- Típusai:
 - Globális
 - Aggregálható
 - vagy
 - IPv4 kompatibilis
 - Link local
 - Prefix után a hálózati cím végig nulla, nem route-olható
 - Site local (valószínűleg a gyakorlatban ezt nem fogják használni)
 - Beágyazott IPv4 címet tartalmazó

- Strukturált cím



Globális unicast cím

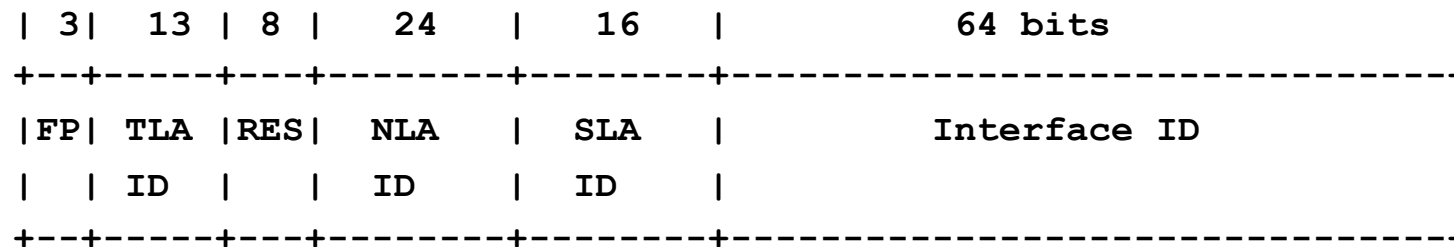
- Felépítése:



- A „ki vagy ” szétválasztása a „hová kapcsolódsz”-tól
 - Routing Prefix
 - Routing topológia
 - Subnet ID
 - Hálózati adminisztrátor
 - Csomópont azonosítás
 - Interface Identifier
- Interface ID
 - Megegyezés alapján 64 bit
 - Az adatkapcsolati rétegbeli címből képződik
 - Egyediséget biztosítja, ha hardverhez kötődik a cím
 - Ethernet MAC címből: 48 bit → 64 bit (EUI-64)
 - Vagy DHCP szervertől random

Aggregálható globális unicast címzés

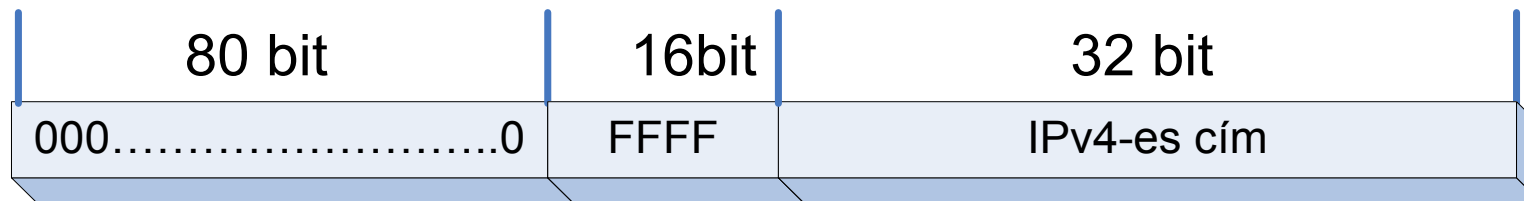
▪ Aggregatable Global Unicast Address Structure [RFC 2347]

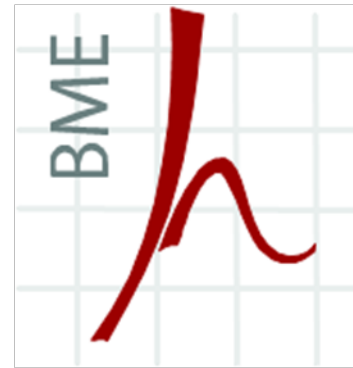


- FP Format Prefix (001)
- TLA ID Top-Level Aggregation Identifier (régió)
- RES Reserved for future use
- NLA ID Next-Level Aggregation Identifier (szolgáltató)
- SLA ID Site-Level Aggregation Identifier (előfizető és alhálózat)
- INTERF. ID Interface Identifier

IPv4 kompatibilis címek

- 000-val kezdődők
 - IPv4 kompatibilis IPv6 címek
 - Pl. ::10.0.0.1
 - IPv6-ra képezett IPv4-os címek
 - Pl: ::FFFF:10.0.0.1



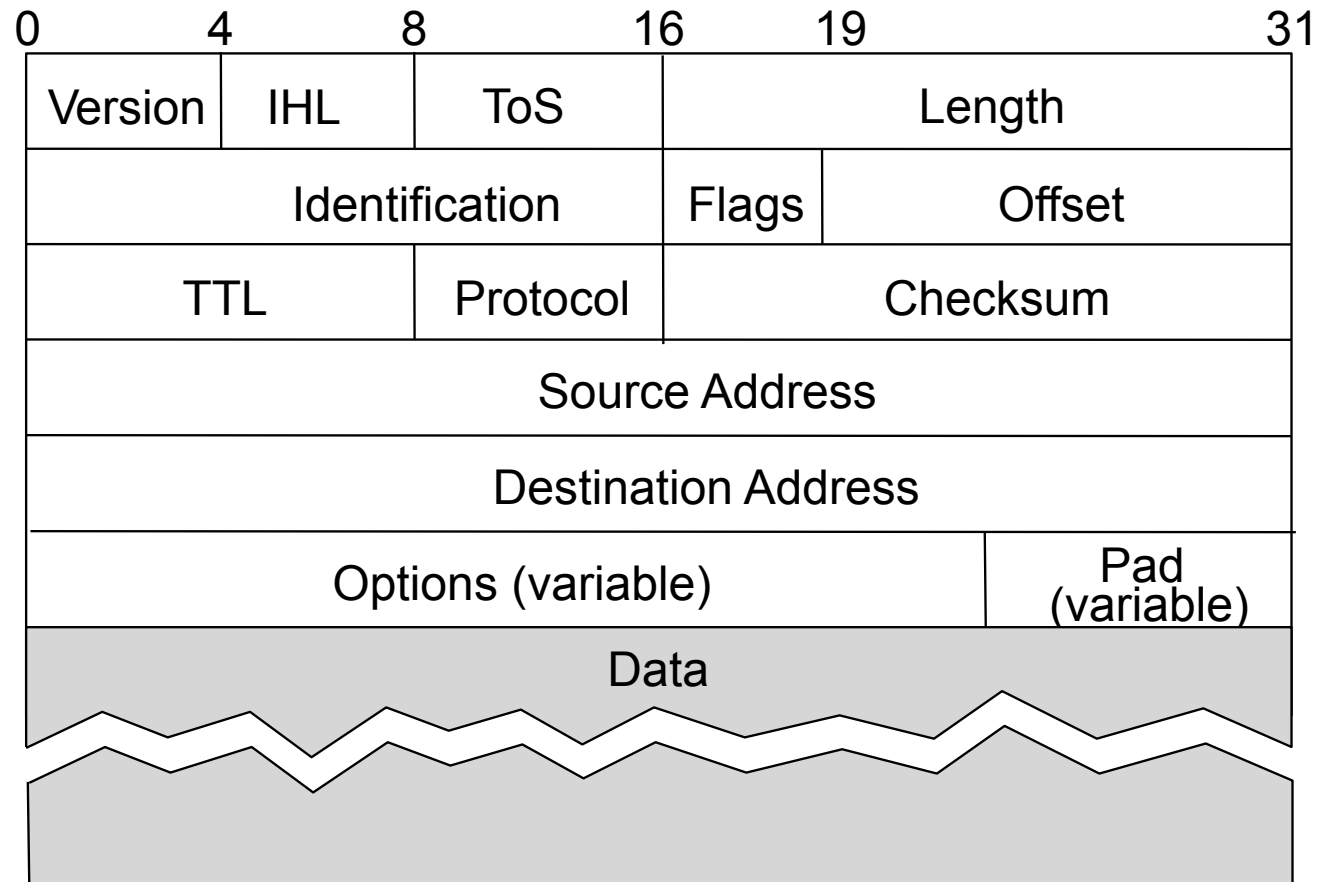


IPv6 csomag szerkezete

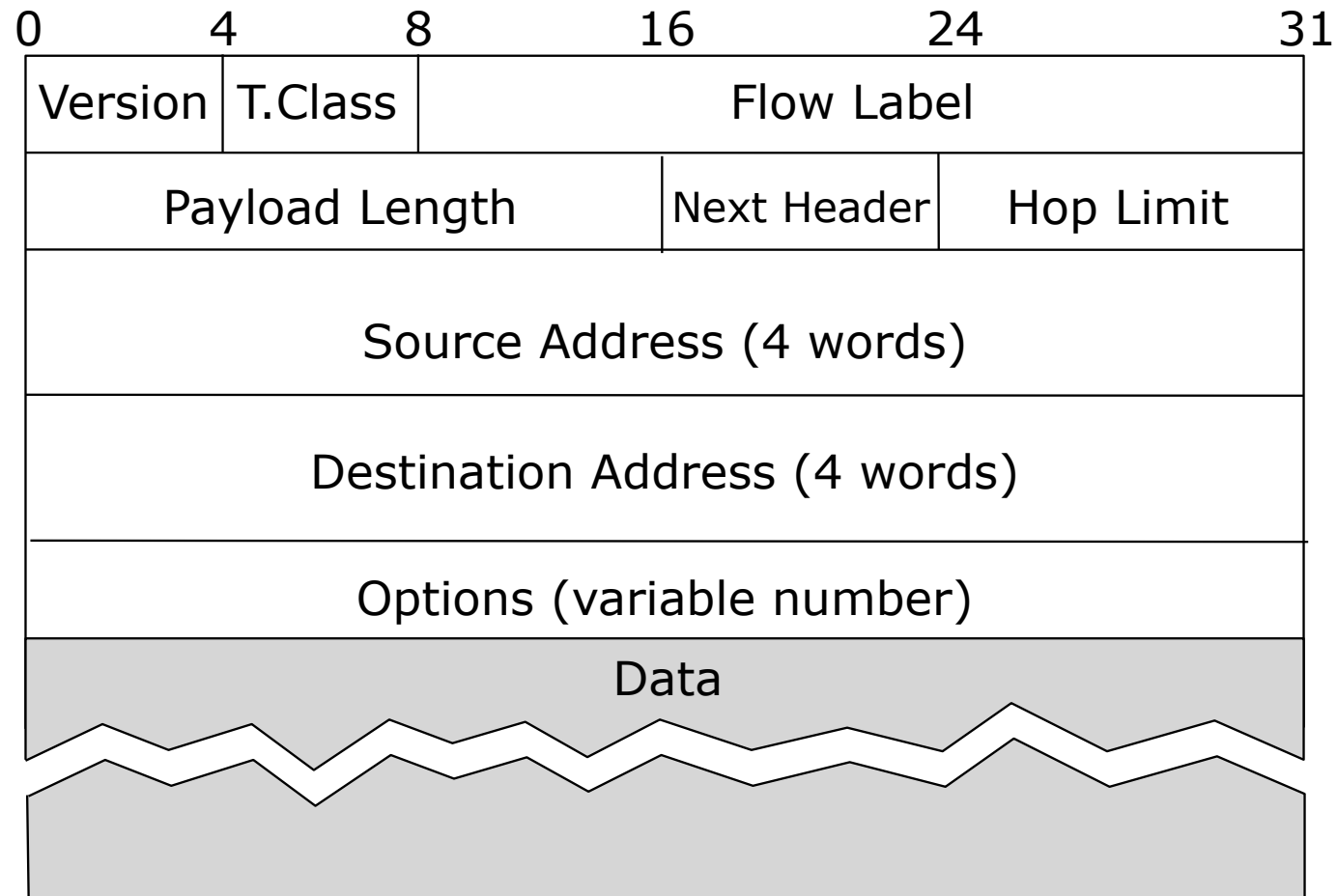
Egyszerűség és univerzalitás

2014.Április 3.

Az IPv4 csomag szerkezete



IPv6 csomag szerkezete



IPv6 és IPv4 fejrészek összehasonlítása

Ver.	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length		Next Header	Hop Limit	
Source Address				
Destination Address				

Ver.	Hdr Len	Type of Service	Total Length	
Identification			Flg	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options...				

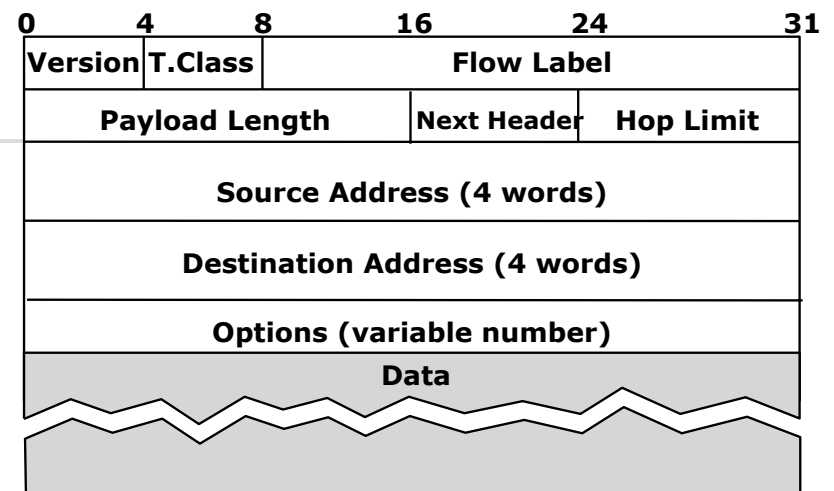
A kiemelt részek a másik verzióban nem találhatóak meg!

IPv6 fejrész kétszer hosszabb (40 byte), mint a minimális IPv4-es (20 byte)!!!

Ami az IPv6 fejrészből kimaradt...

- Nincs ellenőrzőösszeg (checksum)
 - Nem kell minden routernek ellenőriznie
⇒ nő a feldolgozási sebesség
 - Általában kevés a hiba (jó minőségű kapcsolatok)
- Nem változik a fejrész mérete
 - Rögzített méret ⇒ nő a feldolgozási sebesség
 - Nem kell IHL mező ⇒ kisebb fejrész
- Nincs ugrásonkénti tördelés
 - ⇒ nő a feldolgozási sebesség
 - Nem kell ehhez használt mező ⇒ kisebb fejrész
 - MTU felderítés (Path MTU Discovery) kell!!!!

Az IPv6 fejrész mezői I.



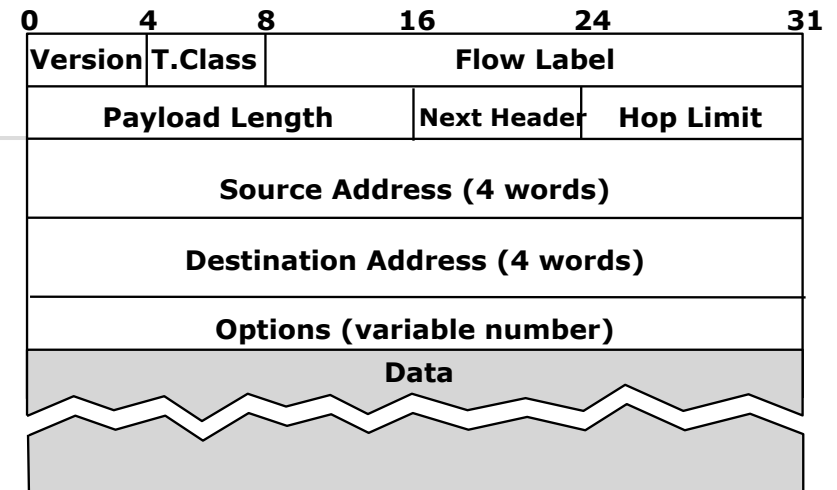
- **Version** – verzió (4 bit)
 - IPv6 esetén 6 (IPv4: 4)

- **Traffic Class** – forgalmi osztály
 - QoS lehetőség biztosítása az IPv4 Type of Service (ToS) mezőjével megegyező módon
 - Használt elnevezés még a Priority

- **Flow Label** – folyam azonosító címke (24 bit)
 - Adott kapcsolatot azonosító generált mező
 - **Nem független datagrammok!**
 - QoS és igazságos adatsebesség megosztást tesz lehetővé
 - Egy forrás-célállomás pár esetén **több folyam** is lehet
 - Adatfolyamot a **cím és a flow label együtt** azonosítja

Az IPv6 fejrész mezői II.

- **Payload Length** – adathossz
 - Nem tartalmazza a fejrészt
 - Maximum 64 KB-os csomag
 - de: jumbogram opció (4Gb)
- **Hop Limit** – ugrás korlát (8 bit)
 - Megegyezik az IPv4 TTL mezőjével
- **Címmezők** (2 x 128 bit)
 - 2 128 bites cím
 - A fejrész jelentős része
- **Next Header** – következő fejléc (8 bit)
 - 2 lehetőség:
 - A beágyazott PDU típusát adja meg
 - Hasonlóan az IPv4 Protocol mezőjéhez
 - Az IPv6 fejléc kiterjesztését jelentő „Extension header” típusát adja



IPv6 „opciók” – Header Extensions I.

Célja:

- Az egyszerű fejléc kiegészítése opcionális lehetőségekkel

Típusai:

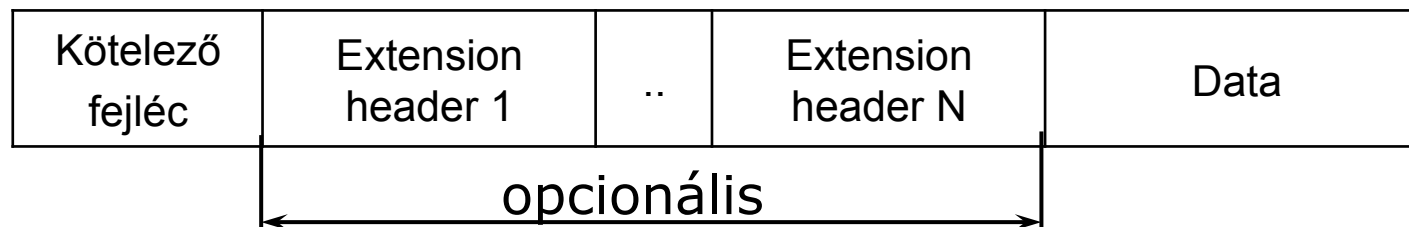
- **Hop-by-hop Options Header** (0)
 - **Minden közbűlső** csomópont is meg kell, hogy vizsgálja
 - Jumbogrammok (óriás-datagrammok)
 - QoS támogatása
- **Routing Header** (43)
 - Routerek felsorolása, amelyeket útba kell ejteni
 - Az IPv4 opciókhoz hasonlóan
 - Laza forrás forgalomirányítás
 - Szigorú forrás forgalomirányítás

IPv6 „opciók” – Header Extensions II.

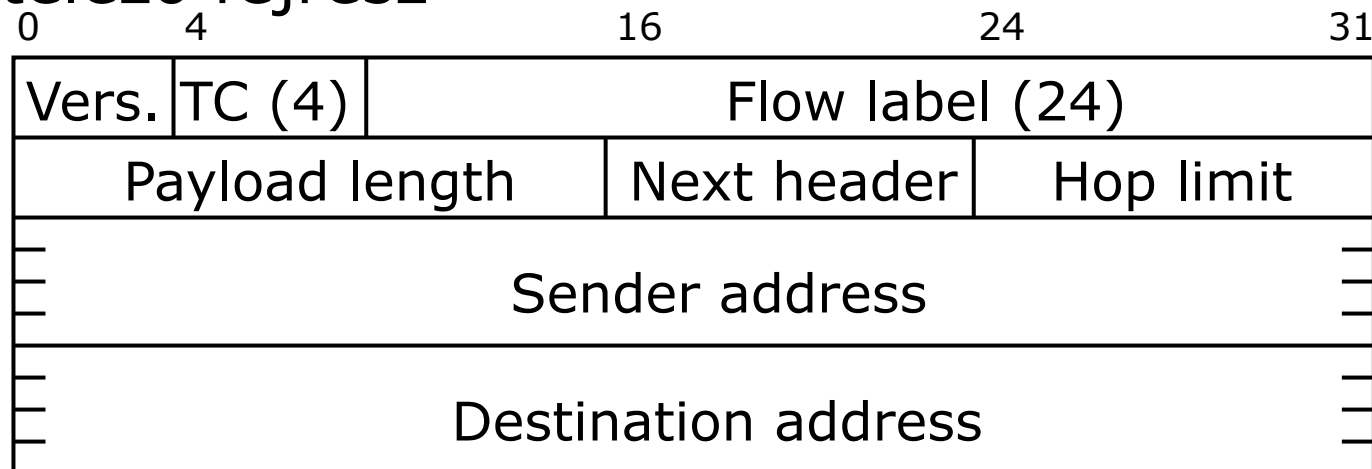
- Fragmentation Header (44)
 - Mint az IPv4-ben, de csak a forrás darabolhat
- Authentication Header (AH) (IPSec-ből) (51)
- Encapsulation Security Payload Header (ESP) (50) (IPSec-ből)

Az IPv6 fejrész kiterjesztése

Általános fejlécformátum

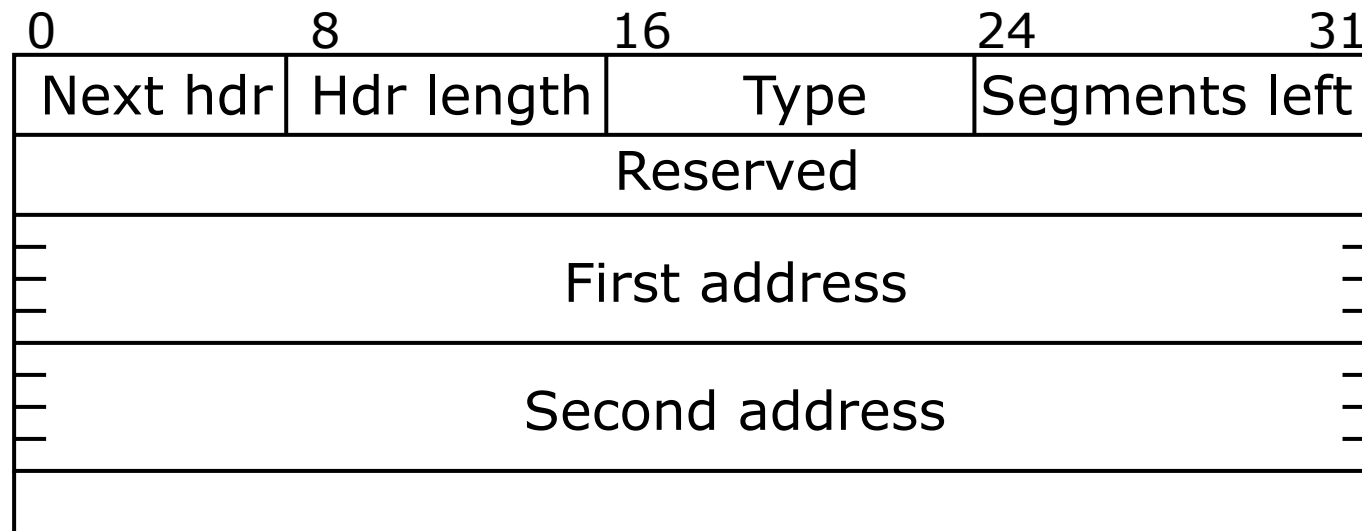


A kötelező fejrész



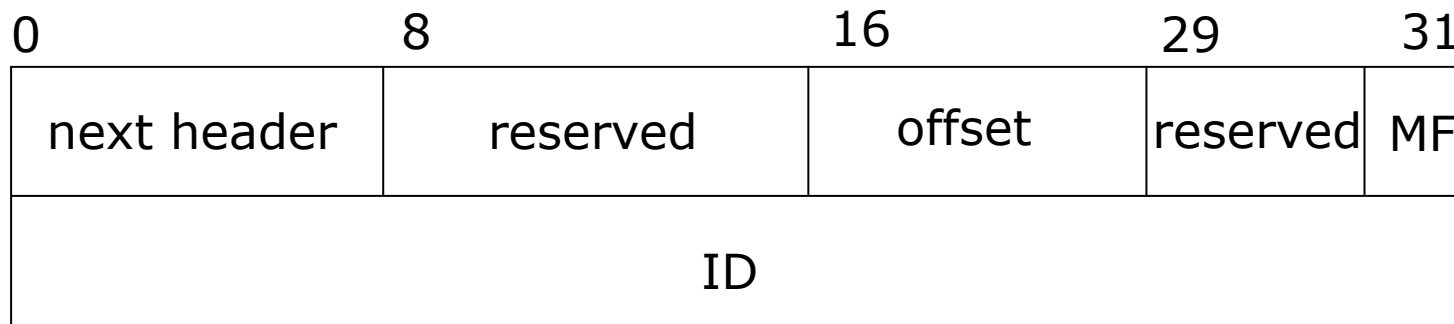
Routing Extension

- Az IPv4 opcióhoz hasonlóan
- **Header length** – fejrész hossza (64 bites szavakban mérve)
- **Type** - típus
- **Az érintendő csomópontok IPv6 címét tartalmazó lista**
 - Maximum 24 cím
 - Következő csomópont megtalálása anycast címezéssel



Fragmentation Extension

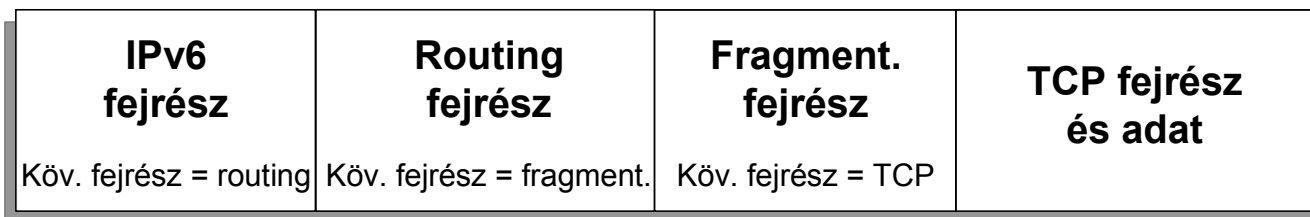
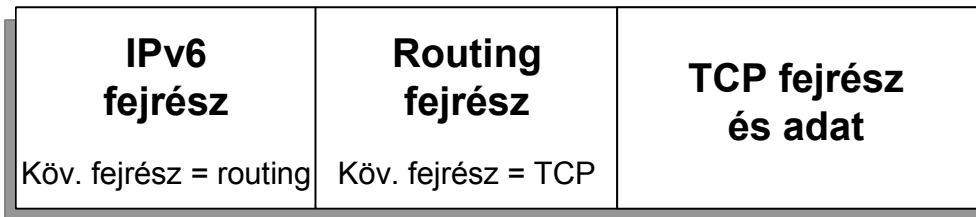
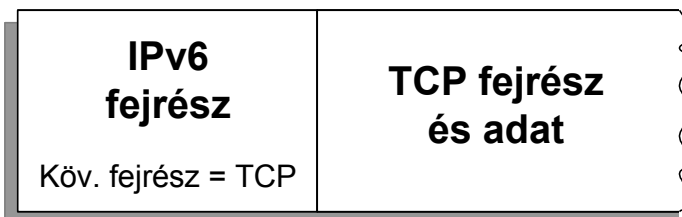
- Hasonló az IPv4-ben megtalálhatóhoz
 - 13 bites **Fragmentation offset**
 - **More fragment bit (MF)**
 - Már 2 nem használt bit
 - 16 bites helyett 32 bites **Fragment ID** mező, amely a töredéksorozatot azonosítja
- Tördelni csak a feladó fog
- Összeállítani csak a fogadó fog



IPsec az IPv6-ban

- Két Extension Header a biztonság növelésére
- IPSec-re minden IPv6 csomópontnak képesnek kell lennie
- *Authentication Header (RFC 2402)*
 - Valóban a látszólagos feladó küldte-e?
 - Lett-e módosítva a csomag?
- *Encapsulating Security Payload Header (RFC 2406)*
 - Titkosított a csomag tartalma

Példák az IPv6 fejlécre



- Megnövelt címtartomány
- Egyszerűbb és rugalmasan bővíthető fejrészformátum
 - Alapfejrész: kevesebb funkció
 - Bővíthetőség opcionális funkciókkal
 - Gyorsabb feldolgozás a csomópontokban
- Erőforrás-allokáció támogatása
- Biztonságos kommunikáció támogatása
- Mobilitás támogatása

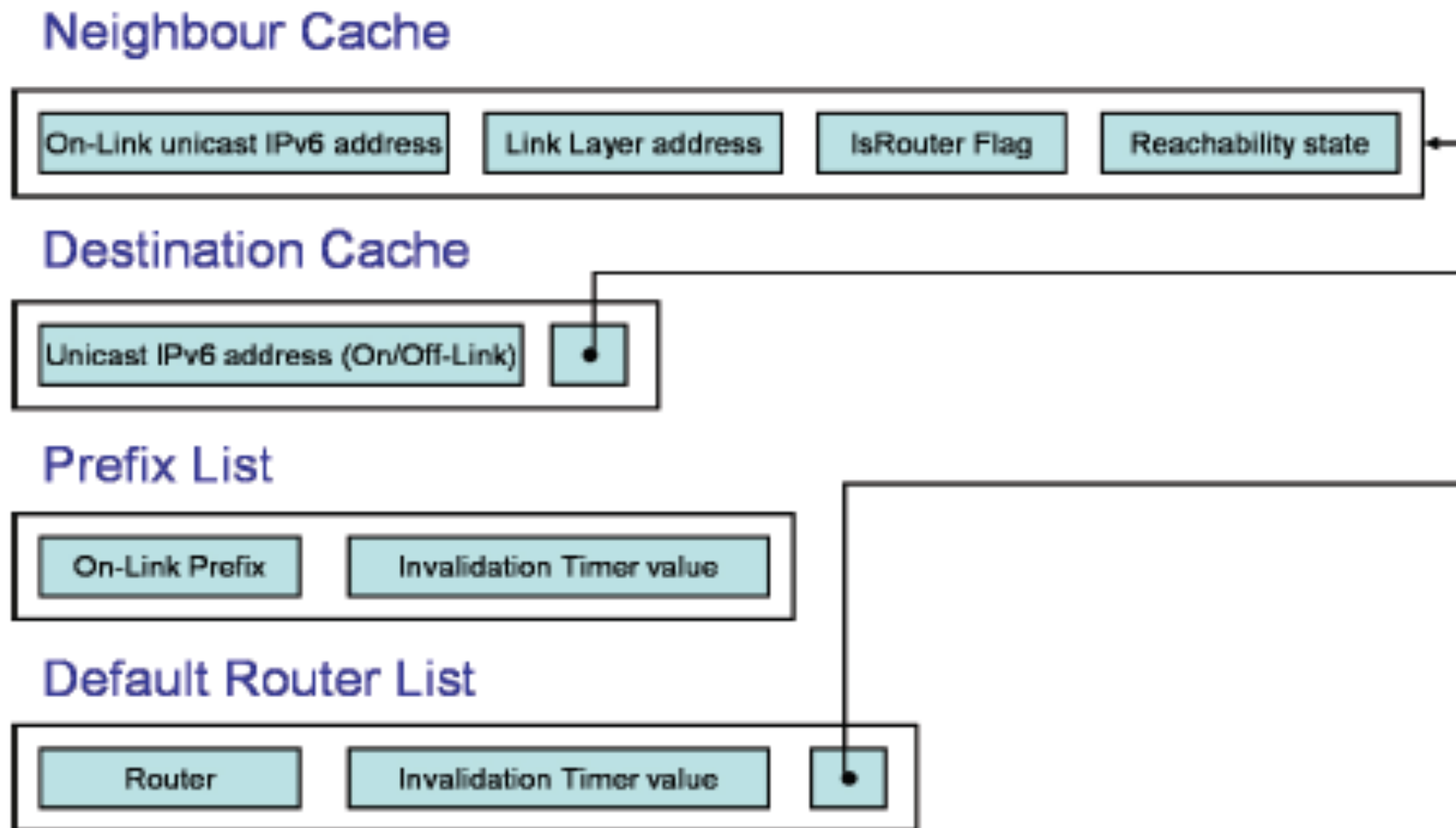
Neighbor Discovery Protocol (NDP)

- IPv4-nél erre szolgált az ARP, ICMP Router Discovery, Redirect
 - Itt egy protokollban minden!
- Szomszédok, routerek felderítése a környezetben
 - ICMPv6 üzenetekkel
- **Automatikus címkonfiguráció** (Stateless Autoconfiguration)
 - Automatikusan minden beállítást megkap, nem kell DHCP!
 - Stateful: DHCP
- Duplikált cím észlelése

ICMPv6 üzenetek NDP-hez

- Router hirdetés (Router Advertisement)
 - Routerek terjesztik a környezetükben
 - Host automatikusan kiépíti a default router listáját
 - Link prefix, link MTU terjesztése
 - Nem manuális konfiguráció, mint IPv4-ben
- Router kérelmezés (Router Solicitation)
- Redirect
 - Routerek megmondják a jobb útvonalakat a hostoknak
- Szomszéd kérelmezés (Neighbor Solicitation)
 - Szomszéd adatkapcsolati címének lekérése (ARP helyett)
 - Szomszédok elérhetősége/elérhetetlensége
 - Cím duplikáció felderítés
- Szomszéd hirdetés (Neighbor Advertisement)
 - Pl. új adatkapcsolati cím hirdetése

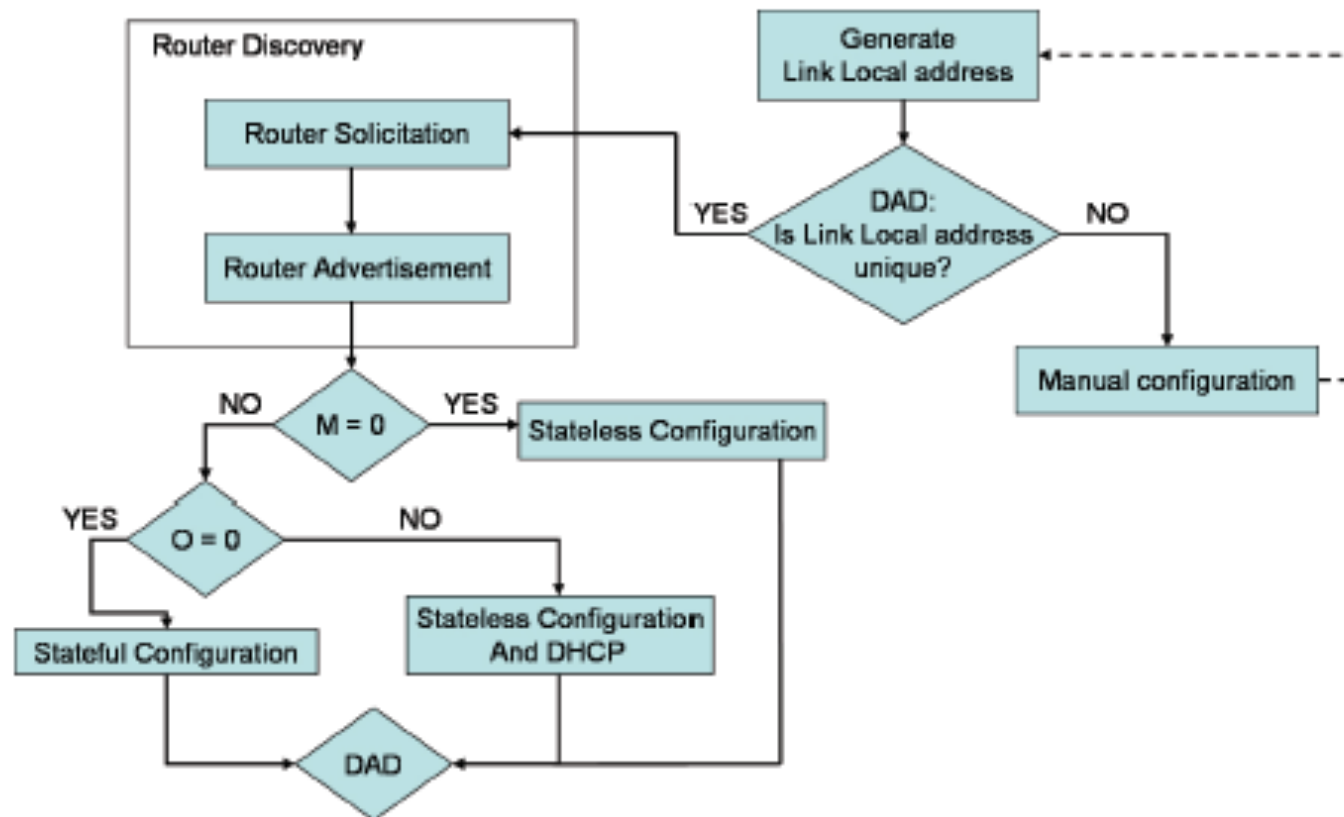
NDP adatbázisok



Állapotmentes automatikus címkonfiguráció

- Először **duplikáció ellenőrzése** a host link-local címét illetően
 - multicast szomszéd kérelmezéssel
- Ha egyedi a linken: **link-local multicast típusú router kérelmezés**
- **Routerek hirdetéssel felelnek** konfigurációs paraméterekkel
- Cím: **routerek által közölt prefix+link local cím**
- Ha alkalmazásnak nem felel meg: lehet állapotfüggő konfiguráció (DHCPv6)

Állapotmentes automatikus címkonfiguráció



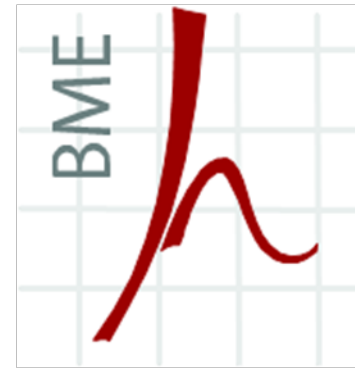
A szolgáltatásokat lehetővé tevő „eszközök”

- „Okos” routerek
 - DHCP-funkcionalitás
 - IP-cím kiosztás koordinálása
 - Hálózati beállítások nyilvántartása
- Anycast címzés
 - Szolgáltatás elérésére
 - Pl.: „Valamely router mondja meg, hogy...”
- Multicast címzés
 - Azonos szolgáltatásokat nyújtó egységek egymás közötti kommunikációja
 - Pl.: „Én már nem vagyok többé router”

Routing protokollok:

- RIPng
- OSPFv3
- IS-IS Extensions for IPv6
- EIGRP for IPv6

- MP-BGP



Áttérés IPv6-ra

Rengeteg megoldás, mégse megy gyorsan?

2014.Április 3.

- 2008-ban ünnepelték az IPv6 10 éves születését
- Az IPv6-os forgalom aránya elérte az Interneten 1 % -ot (2012 november), egyes szolgáltatóknál 10-20% felett is már
- Hálózatok több mint 16% támogatja IPv6-ot (2013 vége)

- Okok:
 - Kevés IPv6-os szolgáltató (ISP)
 - Kevés IPv6 kompatibilis alkalmazás és szolgáltatás
 - Még mindig nincs igazi kényszer az áttérésre!
 - Már van☺

- Nagy lökések az áttéréshez:
 - Pekingi olimpia 2008
 - 4G mobil cellás rendszerek: hang VoIPv6

Már létező IPv6 alkalmazások

- Hálózatban:
 - Routing protokollok
 - DNS (A6, AAAA és DNAME rekordokkal)
 - DHCP6
 - ...
- Operációs rendszerekben régóta (az alábbiakban és ennél újabbaknál):
 - Windows XP SP1, Windows Server 2003
 - Mac OS X 10.2
 - Debian Linux 2.1.8, Redhat 2.1, Solaris 8
 - FreeBSD 4.0, OpenBSD 2.7, NetBSD 1.5, BSD/OS 4.2
- Tűzfalak:
 - ip6fw (FreeBSD)
 - E-Border (kereskedelmi)
 - ...
- Alkalmazások:
 - JAVA IPv6 (JDK1.4 óta)
 - 3GPP
 - ...

IPv6 kompatibilis IPv4 címzés

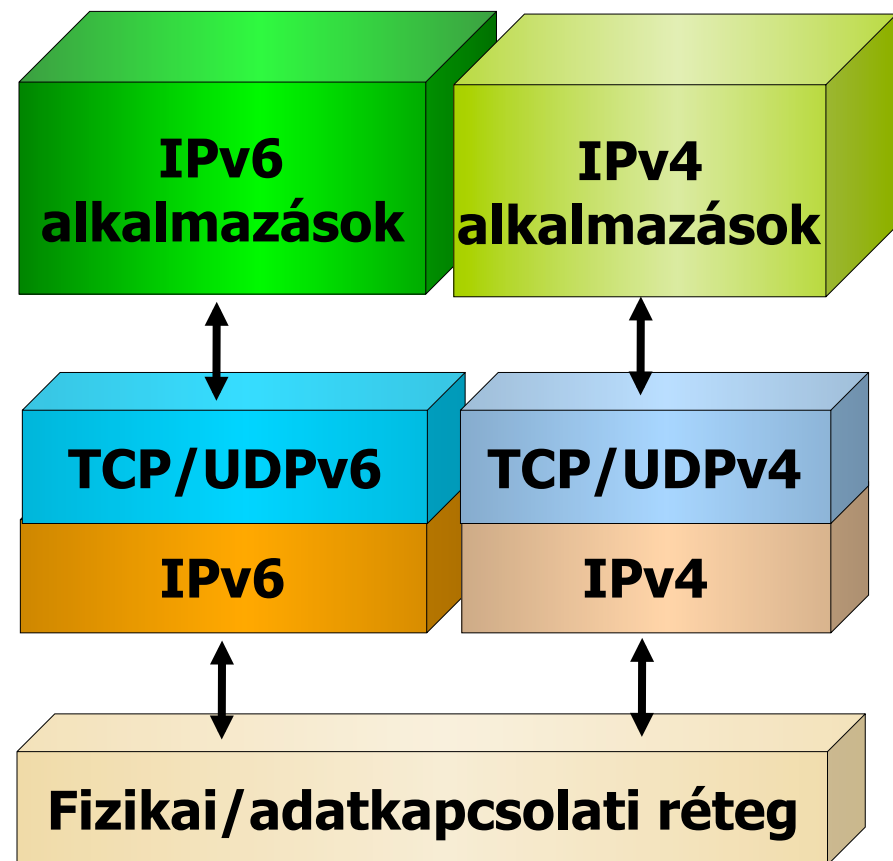
- „Compatible”
 - 96 0 bit után az IPv4 cím

- „Mapped”
 - 80 0 bit után 16 1-es bit, majd az IPv4-cím
 - ezt használjuk

- Címfordítás menet közben

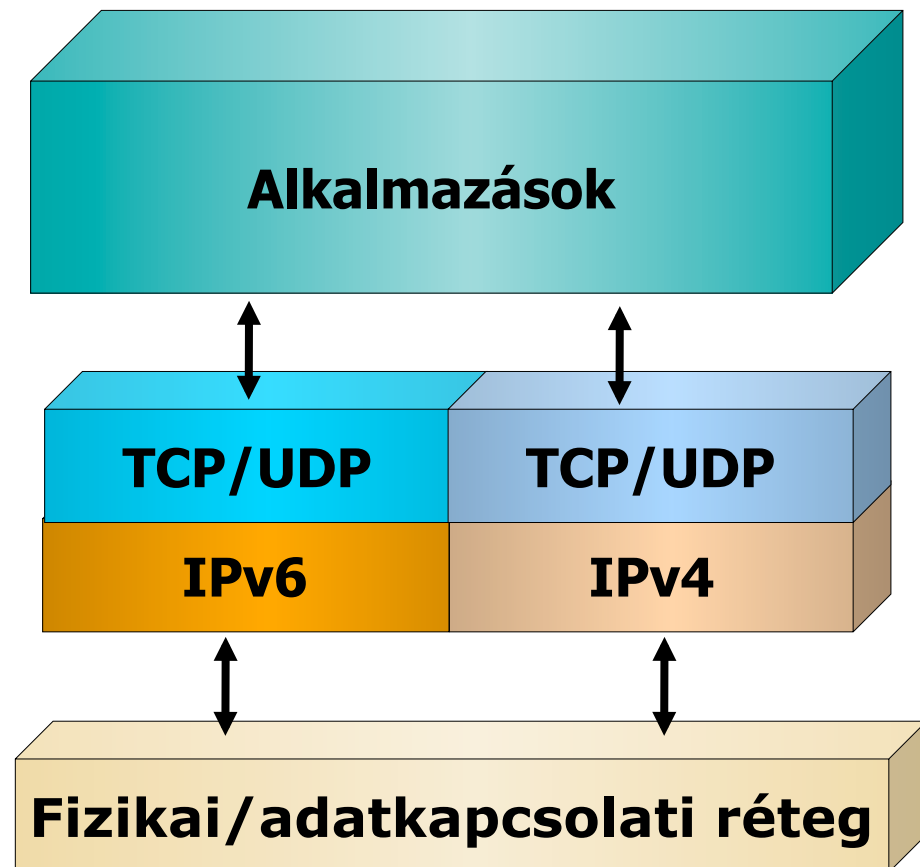
Áttérés Dual Stackkel

- A csomópontok egyszerre IPv4 és IPv6 csomópontok
- IPv6 más IPv6 rendszerekkel való kommunikációhoz, de képesek visszalépni IPv4 módba régi rendszerekhez
- Protokollválasztás: DNS szerver IPv6 vagy IPv4 címmel válaszol
- A legtöbb IPv6 implementáció ezt használja



Áttérés Dual Layerrel

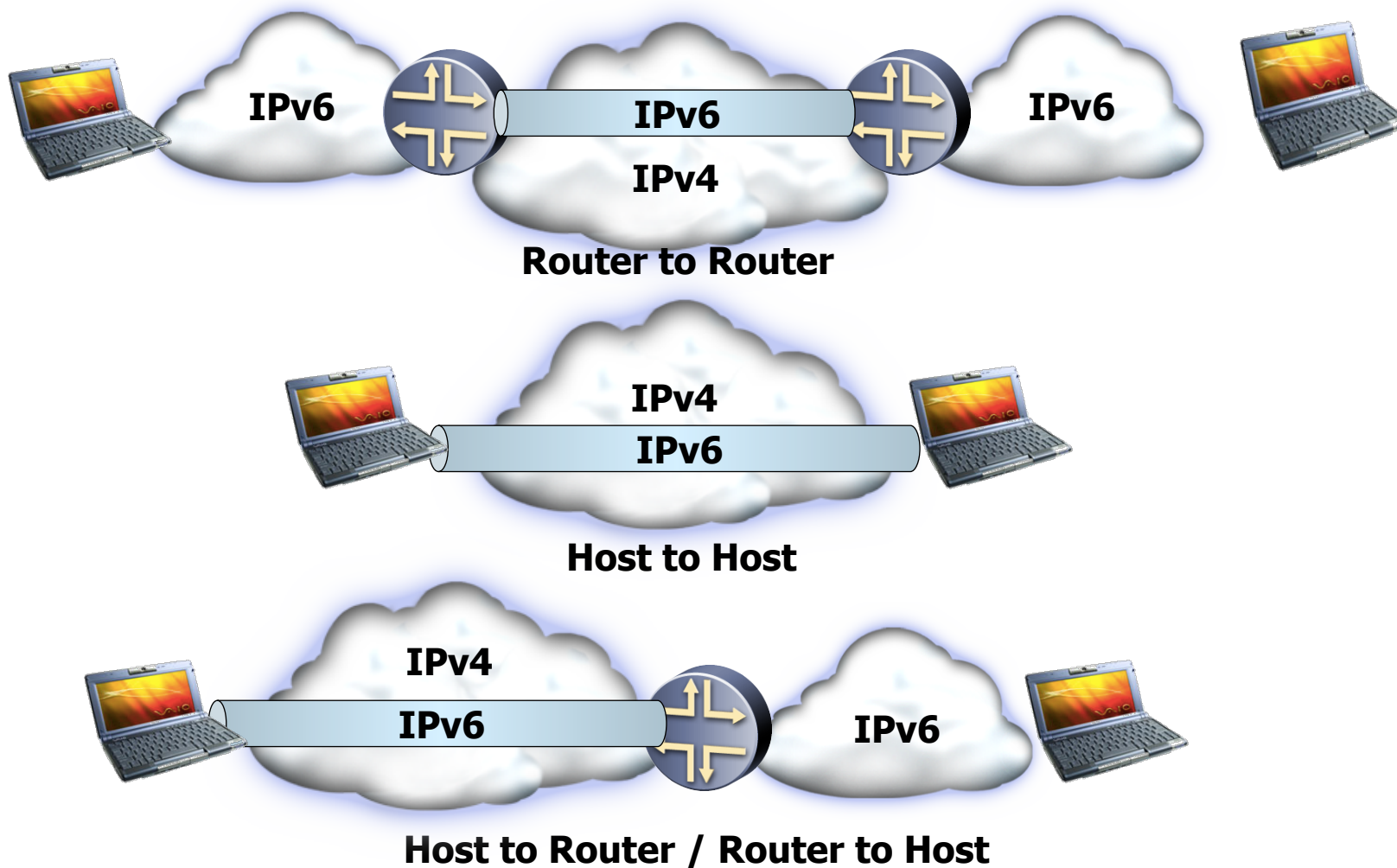
- A csomópontok egyszerre IPv4 és IPv6 csomópontok.
- De a szállítási réteg megmarad.
- Így több alkalmazás működne, ha nem használna IP-címeket.



Áttérés alagutazással (Tunneling)

- Beágyazása az egyik protokoll változatú csomagnak a másikba
 - Mintha adatkapcsolati rétegbeli protokoll lenne az egyik
- IPv4 hálózaton IPv6-os csomagokat szállítunk
 - Végpontok már IPv6-képesek, de a hálózat még nem
 - **6to4**: IPv4-es végpont címe az IPv6-os cím hálózati prefixében
 - elterjedt
 - **6in4**: statikus alagút-végpont konfiguráció
- IPv6 hálózaton IPv4-es csomagokat szállítunk
 - Hálózat már IPv6-os, de a végpontok még nem

Alagutazás lehetőségei (Tunneling)



Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos

docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

svilmos@hit.bme.hu